

УДК 621.472

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГОТЕЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ
СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Меламед І. О., Пилипенко Ю. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Проаналізувати можливість використання сонячної енергії для забезпечення енергоефективності готелю з використанням сонячних панелей враховуючи географічні умови розташування України.

Методика. У роботі порівнюються режими автономного електропостачання (повний, комфортний, помірний, базовий і аварійний) у процесі функціонування системи сонячних панелей.

Результати. Досліджені можливості використання сонячної енергії для енергозабезпечення різних режимів автономної роботи готелю.

Наукова новизна. Розроблено методику пошуку оптимального кута повороту сонячних панелей, для забезпечення енергетичних потреб готелю.

Практична значимість. Використання нетрадиційних джерел енергії дають змогу по-новому, більш економно та раціонально, використати запаси газу та нафти.

Ключові слова: енергозбереження, електроенергія, режими автономного електропостачання, інсоляція сонячної енергії, сонячна батарея

Для забезпечення комфортного життя сучасної людини в розвинених країнах потрібна досить велика кількість енергії, для вироблення якої використовують не тільки енергію сонця, вітру та води, а й органічне паливо, а саме вугілля, газ, нафту, запаси яких зменшуються з кожним роком. Тому одна з невідкладних задач сьогодення полягає в найшвидшому і найоптимальнішому переході на «безкоштовні» джерела енергії.

Постановка завдання

Енергія Сонця є екологічно чистою та, по суті, нескінченною, її на сьогоднішній день людство використовує не в повній мірі. Для того, щоб скористуватися енергією Сонця потрібно досить дороге обладнання, що має доволі невеликий ККД, який залежить не тільки від фізичних методів перетворення одного виду енергії в інший, а й від сезону, часу доби (день, ніч), місцевості і т. д. Питання про оптимізацію використання існуючих сонячних батарей і є нашим завданням.

Сучасні публікації по різному підходять до проблеми використання сонячної енергії поруч з іншими видами енергії. Крім того, недостатньо опрацьовано механізм використання енергії Сонця з розташуванням об'єктів в різних областях України.

Мета статті – дослідити можливості використання сонячної енергії для енергозабезпечення різних режимів автономної роботи готелю.

Результати досліджень

Для незалежного функціонування системи енергопостачання виділяють такі режими: повний, комфортний, помірний, базовий і аварійний. В залежності від режиму потрібні зовсім різні рівні потужності, що забезпечують відповідний рівень функціонування.

Режим *повного електропостачання* повинен забезпечити перехід на автономне електропостачання без обмежень на споживання енергії. Цей рівень відповідає максимальній кількості енергії, що витрачається за місяць

Комфортне електропостачання відрізняється від повного лише виключенням найбільш енергопотужних приладів, тих, у яких потужність перевищує 2 кВт/год або тих, де споживання за добу може перевищувати 4-5 кВт.

Помірне електропостачання також забезпечить досить високий рівень комфорту, де обмеження будуть стосуватися необов'язкових витрат, таких як електрокип'ятильники, конвектори, надмірне багаточасове прийняття гарячих ванн і т. д. [1].

Базовий режим електропостачання потребує постійно аналізувати навантаження на електричну мережу і, коли це необхідно, має можливість включати по черзі потужних користувачів. Незважаючи на це, при цьому можна підтримувати комфорт на досить високому рівні.

Аварійний режим жорстко обмежує потреби і передбачає тривалість у декілька днів при автономній роботі. При цьому передбачається забезпечення роботи найважливіших ланок функціонування об'єктів [2]. Зрозуміло, що зручності при цьому режимі будуть мінімальними.

Основні характеристики режимів автономного електропостачання зведені в таблиці 1.

Дана таблиця характеризує енергопотреби, і при оцінках можливостей джерел, що не потребують фінансування, можна спиратися на них. Але кожний раз треба виходити з своїх можливостей та сформованих звичок. Методика розрахунку залишиться без змін.

Споживання енергії у зимовий та літній період майже одного порядку – витрати на підігрів схожі на витрати по охолодженню, хоча, зрозуміло, що на підігрів все ж буде йти енергії більше. У таблиці наведені дані по максимальному споживанню.

Визначення можливостей Сонця. Після того, як ви визначились із своїми потребами у рівні енергоспоживання треба визначити, які можливості Сонця: чи буде

перекривати сонячна енергія ваші потреби, чи буде виготовлення і експлуатація сонячних батарей рентабельна?

Таблиця 1

Характеристика режимів автономного електропостачання [3]

Режим	Потужність в тривалому режимі, кВт/год		Споживання за місяць, кВт	Повсякденне електроспоживання	
	Зазвичай не більше	максимум		автономне	зовнішнє
Аварійний	0,6	1,5 (зрідка 3)	60	Не використовується	Використовується завжди
Базовий	1	2,5 (зрідка 4)	100	Не використовується або використовується обмежено	Використовується завжди
Помірний	3	5	150	Для систем життєзабезпечення об'єкту	Для потужних споживачів
Комфортний	3,5	5	250	Для основних споживачів, крім потужних систем необов'язкового енергоспоживання	Короткочасно для потужних приладів
Повний	5	6	600	завжди	Не використовується

Основа розрахунку при цьому – це можливості по потужності сонячного випромінювання у вашій місцевості.

Основне питання при розташуванні сонячної батареї це вибір кута нахилу панелі. Багаторічні дослідження показують, що оптимальним кутом нахилу є кут на 15° більше ніж географічна широта. Так, наприклад, для Києва це 65°.

Після цього потрібно розрахувати, яку площу потрібно виділити під сонячні батареї, щоб досягти потрібного рівня комфорту.

Інсоляція (лат. In-sol від in – всередину + solis – сонце) – опромінення площі горизонтальної поверхні (1 см²) за одиницю часу (1 хв) прямим сонячним світлом (сонячною радіацією в калоріях).

Для розрахунків інсоляція задається на площі в 1 м^2 . Точна площа панелі не відома. Але відома її розрахункова потужність при 25° C для потоку сонячного світла в 1 кВт/год на м^2 . Цього цілком достатньо.

Інсоляція різна в різних регіонах планети, а також і активність, і інтенсивність сонячних променів теж різні (рис. 1). Інсоляція дозволяє оцінити кількість електромагнітної енергії, яка нам надходить.

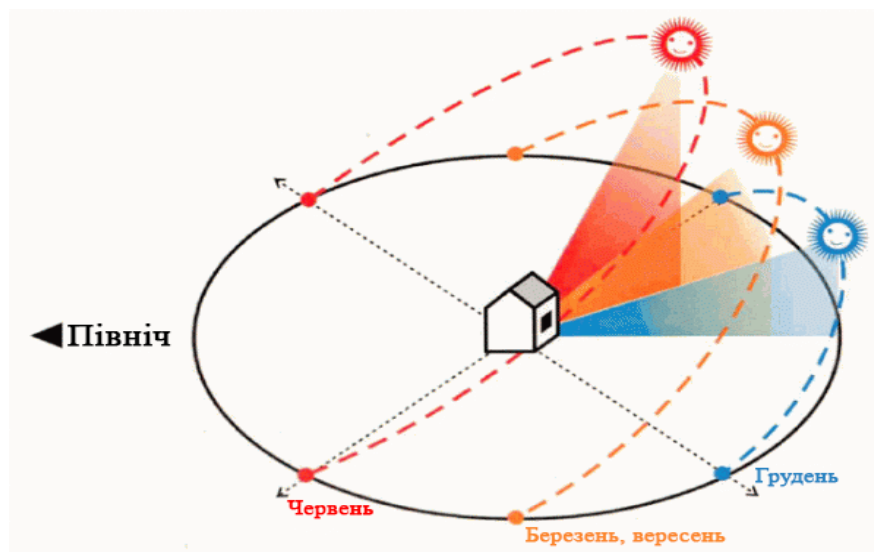


Рис. 1. Залежність інсоляції від широти (висота на якій перебуває світло відносно горизонту) та величини кута нахилу земної поверхні

В альтернативній енергетиці рівень інсоляції дуже важливий, тому що сонячна енергетика безпосередньо залежить від потоку сонячних променів, а від рівня інсоляції залежить ефективність сонячних батарей.

Чим вище інсоляція, тим відповідно і вища ефективність геліосистеми. Однак інсоляція залежить від часу доби, тому з метою підвищення ККД новітні геліосистеми обладнані трекерами, які повертають батареї, тим самим даючи можливість вловлювати більше сонячної енергії.

Геліоелектростанції чутливі до рівня освітленості, тому такі установки додатково обладнуються спеціальними акумуляторами. Пристрої накопичення енергії дозволяють вирівняти ефективність роботи сонячних панелей і мінімізувати брак освітленості. У південній географічній області, де протягом усього року рівень інсоляції досить високий, необхідності в таких акумуляторах практично немає.

Прийнявши потужність сонячного випромінювання біля поверхні Землі (максимальну інсоляцію) дійсною – отримаємо, що вироблення батареєю відноситься до інсоляції квадратного

метра так само, як потужність батареї відноситься до потужності випромінювання Сонця на земну поверхню в ясну погоду, що падає на 1 м² і дорівнює 1000 Вт/год.

Взявши із таблиці місячну інсоляцію та перемноживши її на потужність батареї можна оцінити роботу сонячної батареї за місяць.

Роботу сонячної панелі можна розраховувати за формулою:

$$E_{cb} = E_{inc} \cdot P_{cb} \cdot \eta / P_{inc}, \quad (1)$$

де E_{cb} – кількість енергії, що зроблена сонячною батареєю за місяць; E_{inc} – місячна інсоляція квадратного метра; P_{cb} – потужність сонячної батареї; η – загальний ККД передачі по проводах електричного струму; P_{inc} – максимальна потужність інсоляції (1000 Вт/год) квадратного метра земної поверхні.

Всі складові у формулі (1) повинні бути в однакових одиницях (1 кВт/год = 3.6 МДж) [4]. Знаючи місячну інсоляцію, ви можете оцінити номінальну потужність сонячної батареї за місяць:

$$P_{cb} = P_{inc} \cdot E_{cb} / (E_{inc} \cdot \eta). \quad (2)$$

В таблиці 2 надані значення інсоляції з урахуванням кліматичних умов для деяких міст України. Розглядалися нерухомі панелі, які орієнтовані на південь під кутом нахилу 0°. Денні інсоляції можуть коливатися у 10–15 разів, тому значення інсоляції накопичувалось за місяць, що згладжує дані. Для отримання щоденної інсоляції поділіть сумарну інсоляцію на місячну кількість днів [3].

Таблиця 2

Середньомісячна повна інсоляція для деяких міст України [3]

Місто	Середньомісячна повна інсоляція по місяцях, Дж/м ²											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Київ	96· 10 ⁶	141· 10 ⁶	266· 10 ⁶	417· 10 ⁶	591· 10 ⁶	626· 10 ⁶	611· 10 ⁶	511· 10 ⁶	362· 10 ⁶	210· 10 ⁶	82· 10 ⁶	55· 10 ⁶
Харків	15· 10 ⁶	176· 10 ⁶	326· 10 ⁶	440· 10 ⁶	628· 10 ⁶	658· 10 ⁶	654· 10 ⁶	582· 10 ⁶	419· 10 ⁶	230· 10 ⁶	105· 10 ⁶	71· 10 ⁶
Одеса	17· 10 ⁶	159· 10 ⁶	310· 10 ⁶	480· 10 ⁶	647· 10 ⁶	699· 10 ⁶	718· 10 ⁶	616· 10 ⁶	446· 10 ⁶	270· 10 ⁶	113· 10 ⁶	84· 10 ⁶
Дніпро	19· 10 ⁶	176· 10 ⁶	327· 10 ⁶	461· 10 ⁶	637· 10 ⁶	675· 10 ⁶	691· 10 ⁶	608· 10 ⁶	448· 10 ⁶	251· 10 ⁶	117· 10 ⁶	75· 10 ⁶
Полтава	94· 10 ⁶	157· 10 ⁶	274· 10 ⁶	402· 10 ⁶	576· 10 ⁶	628· 10 ⁶	622· 10 ⁶	522· 10 ⁶	374· 10 ⁶	210· 10 ⁶	86· 10 ⁶	63· 10 ⁶
Ковель	82· 10 ⁶	141· 10 ⁶	287· 10 ⁶	358· 10 ⁶	513· 10 ⁶	576· 10 ⁶	541· 10 ⁶	463· 10 ⁶	316· 10 ⁶	182· 10 ⁶	72· 10 ⁶	53· 10 ⁶

Потужність сонячного випромінювання залежить від місяця, в якому йде дослідження, а потужність сонячної батареї залишається сталою. Тому саме на неї слід опиратися при визначенні витрат. Формула (2) використовується, щоб оцінити потужність батареї для конкретних умов [4], але вона погано підходить для оцінки потужності протягом усього року. На підставі формули (1) побудуємо таблицю, в якій визначимо на які режими енергопостачання можна розраховувати з сонячними батареями різної потужності. Дані заокруглюються до цілої частини числа.

Для м. Києва в таблиці 3 наводяться значення потужності, сонячна батарея в місяць, при куті нахилу 65° [3].

Аварійний режим – червоним; базовий режим – помаранчевим; помірний режим – жовтим; комфортний режим – блакитним; повний режим – зеленим.

Проаналізуємо таблицю 3. Щоб забезпечити відповідні режими електропостачання необхідно використати батареї наступних потужностей: для аварійного режиму – 3,2 кВт/год; для базового – 5,3 кВт/год; для помірного – 8 кВт/год; для комфортного – 13,5 кВт/год; для повного – 31,5 кВт/год.

Таблиця 3

Кількість енергії, яка виробляється сонячною батареєю з урахуванням її номінальної потужності та сумарної інсталяції за місяцями року [3]

Потужність батареї, Вт	Кількість енергії, що виробляється сонячною батареєю, кВт/год											
	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
400	7	20	38	40	49	48	50	45	34	21	13	8
500	9	25	48	50	62	60	62	56	43	27	16	10
600	11	30	58	60	74	72	75	67	52	32	20	13
800	15	40	77	80	99	96	100	90	69	43	26	17
1000	19	50	97	100	124	120	125	113	86	54	33	21
1200	22	60	116	120	149	144	151	135	104	64	40	26
1400	26	70	135	140	174	168	176	158	121	75	46	30
1600	30	80	155	161	199	192	201	180	139	86	53	34
1800	34	90	174	181	224	216	226	203	156	97	60	39
2000	38	101	194	201	249	240	251	226	173	108	66	43
2500	47	126	242	251	312	300	314	282	217	135	107	54
3200	61	161	310	322	399	384	402	361	278	172	107	69
5300	101	267	514	533	662	636	667	599	461	286	177	115
8000	152	404	776	805	999	960	1006	904	695	432	267	173
13500	257	681	1310	1358	1686	1620	1699	1527	1174	729	452	293
31500	601	1590	3058	3170	3935	3780	3964	3583	2740	1702	1054	685

Вартість сонячних батарей сьогодні дуже висока, і для забезпечення відповідних потужностей потрібно буде біля 200 м² площі, враховуючи ККД в 20%. Суми для їхнього придбання досить великі, але, по перше, вони з кожним роком зменшуються, а, по друге, числа вказані для північного Києва, а для південних міст вони стануть набагато привабливішими, на що вказує досвід юридичної академії в Одесі, де на даху встановлені сонячні панелі.

Незважаючи на велику вартість систем автономного електроживлення, їх експлуатація дозволить зекономити не тільки великі грошові витрати, а й значну кількість природних ресурсів.

При розміщенні сонячних панелей дуже важливо, як вони розташовані по відношенню до Сонця. В ідеалі, щоб підвищити ККД, розташування потрібно робити перпендикулярно сонячним променям.

Знаючи, як Сонце у відповідній місцевості прямує по небосхилу, сонячні панелі можна зробити рухомими, задаючи алгоритм корекції в залежності від часу і місяця року. Для цього пропонується сконструювати пристрій з мікроконтролерною системою керування (рис. 2), що містить чотири датчики освітленості (фоторезистори) ($R_{\phi 1.1}$, $R_{\phi 1.2}$, $R_{\phi 2.1}$, $R_{\phi 2.2}$), комутатор аналогових сигналів (КАС), аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), мікроконтролер (МК), енкодер (Е), блок індикації (індикація), блок вводу та виконавчий механізм (ВМ).

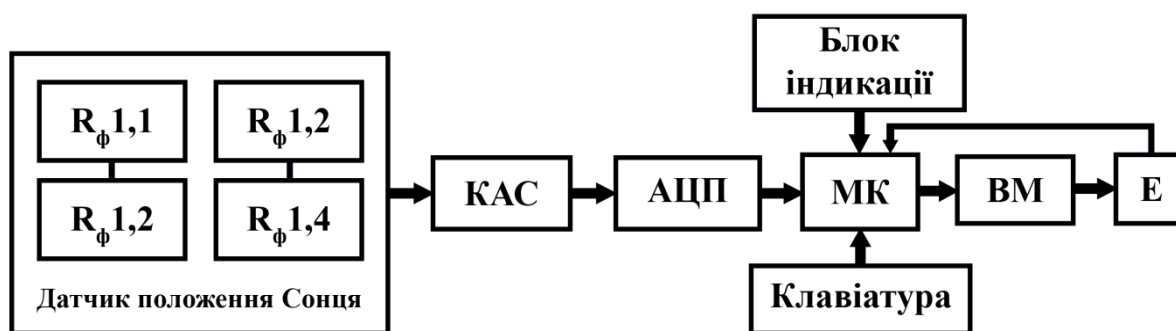


Рис. 2. Структурна схема для керування сонячними панелями у реальному масштабі часу

Принцип роботи наступний: опитуються датчик положення Сонця, для визначення найбільш засвіченого фоторезистору з пари (R_{1_min} , R_{2_min}). Опір фоторезистора пропорційний кількості світла, що потрапляє на його поверхню. Мікроконтролер, видає порядковий номер фоторезистора ($R_{\phi n}$), який необхідно опитати. Значення опору фоторезистора в поточний момент часу перетворюється в цифровий

вигляд за допомогою АЦП і передається мікроконтролеру. Той обробляє інформацію і зчитує інформацію з наступного датчика, тобто мікроконтролер неперервно опитує датчики, для визначення датчика, на який в даний момент попадає найбільша кількість світла. Потрапляння більшої кількості світла на світлочутливу поверхню фоторезистора призводить до зменшення опору R_{ϕ} , що включено у вимірювальну мостову схему.

Зменшення опору R_{ϕ} веде до розбалансування вимірювального моста, внаслідок чого з'являються сигнали на його виходах. Відповідні міркування справедливі для всіх інших пар фоторезисторів. Сигнали розбалансування мостів аналізуються за наступним виразом:

$$U_{\Delta(\phi_1\phi_2)} = U_{\phi_1} - U_{\phi_2}, \quad (3)$$

де U_{ϕ_1} – сигнал з першого вимірювального моста в парі; U_{ϕ_2} – сигнал з другого; $U_{\Delta(\phi_1\phi_2)}$ – результат порівняння.

Інформацією для виконання корекції кута нахилу площини сонячної поверхні відносно променів сонця є інформація про отримане значення. При отриманні додатного значення $U_{\Delta(\phi_1\phi_2)}$ здійснюємо поворот в сторону $R_{\phi 1.1}$, а при від'ємному $U_{\Delta(\phi_1\phi_2)}$ – в сторону $R_{\phi 1.2}$. Кути повороту пропорційні $U_{\Delta(\phi_1\phi_2)}$.

Якщо $U_{\Delta(\phi_1\phi_2)} = 0$, то площина сонячної панелі є ортогональною сонячним променям і поворот непотрібний, оскільки площа панелі перпендикулярна сонячним променям. Остаточної корекції положення панелі виконується за допомогою зворотного зв'язку. Контролюючим пристроєм є енкодер (Е), що генерує кодову послідовність імпульсів, яка залежить від кута, відпрацьованого серводвигуном.

Напрямок подальших досліджень – пошук нових алгоритмів слідкування за Сонцем для знаходження оптимальних положень сонячних панелей.

Висновки

Географічні умови розташування України дозволяють забезпечити потрібною кількістю енергії невеликі об'єкти за допомогою енергії Сонця протягом усього року.

Запропонований пристрій дозволяє підвищити ефективність отримання електроенергії за рахунок системи автоматичного керування розміщенням сонячних батарей по відношенню до Сонця.

Список використаних джерел

1. Щербина О. М. Енергія для всіх: технічний довідник з енергоощадності та відновних джерел енергії / О. Щербина. – Ужгород: Вид. В. Падяка, 2007. – 340 с.
2. ScheerHermann. The Solar Economy: Renewable Energy for a Sustainable Global Future / H. Scheer. – London: Sterling, VA, 2004. – 86 p.
3. Казіміров О. О. Дослідження можливостей використання сонячної енергії для автономного живлення об'єкту / О. О. Казіміров, К. В. Власов, А. І. Куртов, А. І. Потіхенський // Системи обробки інформації, 2017. – №1 (147). – С. 58-61.
4. Бурмистров А. А. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учеб. пос. для ВУЗов / А. А. Бурмистров, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Д. Н. Кунакин, Н. К. Малинин, Р. В. Пугачев – М. : МЭИ, 2009. – 144 с.
5. Матеріали з сайту «Свободная энергия и вечные двигатели» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://khd2.narod.ru/gratis/insolate.htm>
6. Матеріали з сайту «Солнечные электростанции» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://greenlogic.com.ua/baza/solnechnaya-insolyatsiaua.html>

References

1. Shcherbyna, O. (2007). *Enerhiia dlia vsikh: tekhnichniy dovidnyk z enerhooshchadnosti ta vidnovnykh dzherel enerhii* [Energy for All: Technical Guide for Energy Efficiency and Renewable Energy]. Uzhhorod: V. PadiakaPubl [in Ukrainian].
2. Scheer, H. (2004). *The Solar Economy: Renewable Energy for a Sustainable Global Future*. London: Sterling, VA [in Great Britain].
3. Kazimirov, O.O. Vlasov K.V., Kurtov A.I. & Potikhenskyi A.I. (2017). *Doslidzhennia mozhlyvostei vykorystannia soniachnoi enerhii dlia avtonomnoho zhyvlennia ob'ektu* [Investigation of possibilities of using solar energy for autonomous power supply of the object] *Systemy obrobky informatsii – Information processing systems*, 1 (147), 58-61 [in Ukrainian].
4. Burmistrov, A.A., Deryugina, G.V., Kuznetsova, V.A., Kunakin, D.N., Malinin, N.K. & Pugachev, R.V. (2009). *Metody rascheta resursov vozobnovlyaemykh istochnikov energii* [Methods for calculating renewable energy resources] *Ucheb. pos. dlya VUZov*. Moscow: MEI [in Russian].
5. *Materialy z сайту «Svobodnaya energiya i vechnye dvigateli»* [Materials for the «Free energy and perpetual motion» site]. Retrieved from: <http://khd2.narod.ru/gratis/insolate.htm> [in Russian].
6. *Materialy z сайту «Solnechnye elektrostantsii»* [Materials for the «Solar power» site]. Retrieved from: <http://greenlogic.com.ua/baza/solnechnaya-insolyatsiaua.html> [in Russian].

Melamed Ihor

xarek.1995@gmail.comKyiv National University of
Technologies and Design

Pylypenko Yurii

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4093-7298>PyI20453@gmail.comKyiv National University of
Technologies and Design

Автоматизация энергоэффективности отеля с использованием солнечных панелей**Меламед И. А., Пилипенко Ю. Н.***Киевский национальный университет технологий и дизайна.*

Цель. Проанализировать возможность использования солнечной энергии для обеспечения энергоэффективности отеля с использованием солнечных панелей, учитывая географические условия расположения Украины.

Методика. В работе использованы сравнения режимов автономного электроснабжения (полный, комфортный, умеренный, базовый и аварийный) в процессе функционирования системы солнечных панелей.

Результаты. Исследованы возможности использования солнечной энергии для энергообеспечения различных режимов автономной работы отеля.

Научная новизна. Разработана методика поиска оптимального угла поворота солнечных панелей, для обеспечения энергетических нужд отеля.

Практическая значимость. Использование нетрадиционных источников энергии позволяют по-новому, более экономно и рационально, использовать запасы газа и нефти.

Ключевые слова: энергосбережение, электроэнергия, режимы автономного электроснабжения, инсоляция солнечной энергии, солнечная батарея

Automate energy efficiency hotel using solar panels**Melamed I., Pylypenko Y.***Kyiv National University of Technologies and Design.*

Purpose. Analyze the possibility of using solar energy to ensure the energy efficiency of the hotel using solar panels, taking into account the geographical conditions of Ukraine's location.

Methodology. We used comparisons of autonomous power supply modes (full, comfortable, moderate, basic and emergency) during the operation of the solar panel system.

Findings. The study of the possibility of using solar energy for energy supply of various modes of autonomous operation of the hotel.

Originality. A technique has been developed for finding the optimal angle of rotation of solar panels to ensure the energy needs of the hotel.

Practical value. The use of unconventional energy sources make it possible to use gas and oil reserves in a new, more economical and rational way.

Keywords: energy saving, electric power, autonomous power supply modes, solar energy insolation, solar battery